



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift  
⑩ DE 44 39 470 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 23 K 20/10

⑳ Akt nzeich n: P 44 39 470.5-45  
㉑ Anmeldetag: 8. 11. 94  
㉒ Offenlegungstag: —  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 23. 5. 96

DE 44 39 470 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Patentinhaber:

Walter Herrmann Ultraschalltechnik GmbH, 76307  
Karlsbad, DE

㉘ Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf & Steimle, 70188 Stuttgart

㉙ Erfinder:

Herrmann, Walter, 76307 Karlsbad, DE

㉚ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 43 44 186

㉛ Vorrichtung zum Ultraschallbearbeiten eines Werkstücks

㉜ Bei einer Vorrichtung zum Schweißen oder Schneiden  
eines Werkstücks mittels Ultraschall, bei der die Vorrichtung  
eine Sonotrode und einen Antrieb für die Sonotrode auf-  
weist, wird das Einsatzgebiet dadurch erweitert, daß der  
Antrieb von wenigstens zwei Ultraschallschwingeinheiten  
gebildet wird. Mit derartigen Antrieben können größere  
Sonotroden in Schwingung versetzt werden und eine gleich-  
mäßigere Amplitudenverteilung erreicht werden.

DE 44 39 470 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ultraschallbearbeiten eines Werkstücks, wobei die Vorrichtung eine Sonotrode und einen Antrieb für die Sonotrode aufweist.

Derartige Vorrichtungen, in der Regel Ultraschweißanlagen genannt, sind in einer Vielzahl bekannt. Dabei liegt das zu verschweißende bzw. das zu bearbeitende Werkstück zwischen einer Sonotrode und einem Gegenwerkzeug. Die Sonotrode wird von einem Antrieb in Schwingung versetzt und überträgt beim Anpressen des Werkstücks die notwendige Schweißenergie. Der Antrieb besteht in der Regel aus einem piezoelektrischen Konverter und gegebenenfalls einem zwischen dem Konverter und der Sonotrode angeordneten Amplitudentransformationsstück. Der piezoelektrische Konverter erzeugt eine hochfrequente Schwingung mit einer bestimmten Amplitude. Diese Amplitude kann in dem Amplitudentransformationsstück, z. B. im Verhältnis 1 : 2 erhöht werden. Diese erhöhte Amplitude liegt am Sonotrodeneingang an und wird in der Regel in der Sonotrode nochmals erhöht. Liegt die Sonotrode am Werkstück an, dann erzeugt die Ausgangsamplitude eine hochfrequente Schwingung der Moleküle des zu verschweißenden Materials. Durch innere Reibung und Grenzflächenreibung erwärmt sich das Material bis zum Erweichungspunkt, so daß es mit dem ebenfalls erweichten anliegenden Bauteil verschmilzt.

Es hat sich gezeigt, daß mit derartigen Ultraschall-Schweißanlagen Bauteile effektiv miteinander verschweißt werden können. Neben dem Verschweißen ist auch das Nieten und das Einsenken sowie das Schneiden bzw. Trennen bekannt. In allen Fällen ist jedoch die Größe des Bauteils durch die Größe der Sonotrode beschränkt. Überschreitet die Sonotrode eine bestimmte Größe, dann schwingt diese nur noch in einem begrenzten Bereich mit der vorgegebenen bzw. gewünschten Amplitude, wobei dieser Bereich in der Regel in der Nähe des Verankerungspunkts des piezoelektrischen Konverters bzw. des Amplitudentransformationsstücks liegt. Die außerhalb liegenden Bereiche schwingen zwar ebenfalls, jedoch mit einer deutlich reduzierten Amplitude. Wird eine derartige Sonotrode auf zwei miteinander zu verschweißenden Bauteilen aufgesetzt, dann werden diese zwar in dem Bereich zuverlässig miteinander verschweißt, in dem die Sonotrode mit der vorgegebenen bzw. gewünschten Amplitude schwingt, außerhalb dieses Bereichs erfolgt eine ungenügende oder keine Verschweißung. Wird die Amplitude so weit angehoben, daß der äußere Bereich mit der gewünschten Amplitude schwingt, dann ist die Amplitude im inneren Bereich so hoch, daß dort Überschweißungen und Brandflecken am anliegenden Bauteil auftreten. Insgesamt kann also festgestellt werden, daß derart große Sonotroden zu Schweißzwecken nicht geeignet sind. Mitunter können zu große Sonotroden gar nicht erregt werden.

In Kenntnis dieses Nachteils wurde versucht, große Bauteile mit mehreren Sonotroden gleichzeitig zu verschweißen, wobei hier der Nachteil auftritt, daß im Übergangsbereich von der einen zur anderen Sonotrode Oberflächenverformungen am Bauteil auftreten. Dies ist insbesondere bei hochwertigen Bauteilen oder Sichtflächen unerwünscht.

Aus der DE 43 44 186 C1 ist ein Ultraschall-Schweißgerät bekanntgeworden, bei dem zwei Sonotroden, die jeweils einen Antrieb aufweisen, zu einer entsprechend

großen Sonotrode gekoppelt wurden. Damit soll eine höhere Energieabgabe an das zu bearbeitende Teil ermöglicht werden. Eine Vergleichmäßigung der Energieabgabe an der Austrittsfläche wird jedoch nicht erreicht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß mit ihr auch große Bauteile geschweißt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Antrieb von wenigstens zwei, von einem Ultraschall-Generator angelegten Ultraschallschwingeinheiten gebildet wird.

Diese erfindungsgemäße Ausgestaltung sieht also vor, daß eine einzige Sonotrode nicht von einem einzigen Antrieb angetrieben wird, sondern mindestens zwei von einem Ultraschall-Generator angeregte Ultraschallschwingeinheiten aufweist, die die Sonotrode zum Schwingen anregen. Diese Ausgestaltung hat den wesentlichen Vorteil, daß die Amplitudenverteilung in der Sonotrode wesentlich homogener ist als beim bekannten Stand der Technik. Außerdem besitzt die Sonotrode eine insgesamt höhere Ausgangsamplitude. Ferner kann durch den Einsatz mehrerer Ultraschallschwingeinheiten die Leistung vervielfacht werden. Es können also relativ große Bauteile problemlos miteinander verschweißt werden, wobei die Sonotrode derart mit Ultraschallschwingeinheiten bestückt ist, daß die Ausgangsamplitude der Sonotrode im wesentlichen gleich ist. Die Ultraschallschwingeinheiten können dabei gleich ausgebildet sein, d. h. die gleiche Leistung besitzen, sie können jedoch auch unterschiedlicher Leistung sein, wobei dann die Anordnung der Ultraschallschwingeinheiten an der Sonotrode entsprechend gewählt ist. Die Ultraschallschwingeinheiten sind an einem Ultraschall-Generator angeschlossen. Somit ist sichergestellt, daß die Ultraschallschwingeinheiten mit der gleichen Frequenz schwingen und die Sonotrode gleichmäßig angeregt wird.

Bei einer anderen Ausführungsform sind die einzelnen Ultraschallschwingeinheiten an mehrere Ultraschall-Generatoren angeschlossen, wobei die Ultraschall-Generatoren nach Vorgabe einer Steuerfrequenz gleichmäßig schwingen und auf diese Weise die einzelnen Ultraschallschwingeinheiten gleichmäßig anregen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform weisen die Ultraschallschwingeinheiten piezoelektrische Konverter auf, deren Resonanzfrequenz im wesentlichen gleich ist. Durch diese Maßnahme arbeiten die einzelnen Ultraschallschwingeinheiten in ihrem optimalen Arbeitsbereich und erzeugen die maximale Amplitude.

Ein weites Einsatzgebiet wird dadurch eröffnet, daß die Sonotrode einen unregelmäßigen Querschnitt aufweist. Auf dieser Sonotrode, die im allgemeinen eine unregelmäßige Geometrie besitzt, können nun gezielt die Ultraschallschwingeinheiten derart plaziert werden, daß die Ausgangsamplitude über die gesamte Fläche der Sonotrode gleich bzw. in einem sehr engen Band liegt. Auf diese Weise können nun auch unregelmäßig geformte bzw. gebogene Werkstücke bearbeitet werden.

Bei einer anderen Ausführungsform weist die Sonotrode einen Absatz an ihrer Schweißspitze bzw. Schweißfläche auf. Mit einer derartigen Sonotrode können zum Beispiel Bauteile bearbeitet bzw. miteinander verschweißt werden, deren Bearbeitungsflächen auf unterschiedlichen Höhen liegen. Der Absatz kann dabei sprunghaft ausgebildet sein. Es werden jedoch Absätze

bevorzugt, die einen allmählichen Übergang von der einen in die andere Ebene besitzen.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Ultraschallschwingeinheiten parallel geschaltet. Es ist jedoch auch denkbar, daß die Ultraschallschwingeinheiten in Serie geschaltet sind, bzw. mehrere Ultraschallschwingeinheiten über eine Serien-Reihenschaltung miteinander gekoppelt sind.

Eine Ausgestaltung sieht vor, daß die Ultraschallschwingeinheiten piezoelektrische Schwingmodule aufweisen, die in einem gemeinsamen Konvertergehäuse angeordnet sind. Hierdurch wird der Bauaufwand reduziert, und die einzelnen Ultraschallschwingeinheiten können dichter gepackt werden.

Eine Optimierung bzw. gleichmäßigere Amplitudenverteilung am Ausgang der Sonotrode wird dadurch erreicht, daß die Ultraschallschwingeinheiten einzeln ansteuerbar sind.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel im einzelnen dargestellt ist. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit einer Sonotrode und zwei von einem Ultraschallgenerator angeregten Antrieben;

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Sonotrode einer anderen Ausführungsform mit drei Antrieben; und

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer Sonotrode mit in verschiedenen Ebenen liegendem Ausgang.

In der Fig. 1 ist eine Ultraschall-Schweißanlage dargestellt, die eine sehr große Sonotrode 1 aufweist, an der zwei insgesamt mit 2 und 3 bezeichnete Ultraschallschwingeinheiten befestigt sind. Die beiden von einem Ultraschallgenerator G angeregten (vgl. Fig. 2) Ultraschallschwingeinheiten 2 und 3 bilden den Antrieb für die Sonotrode 1. Jede Ultraschallschwingeinheit 2 bzw. 3 weist einen piezoelektrischen Konverter 4, ein am Ausgang des Konverters 4 befestigtes Amplitudentransformationsstück 5 sowie einen Haltering 6 auf, an dem die beiden Ultraschallschwingeinheiten 2 und 3 in der Regel eingespannt werden. Die beiden Ultraschallschwingeinheiten 2 und 3 sind derart an der Sonotrode 1 befestigt, daß am Ausgang 7 der Sonotrode 1, d. h. an der Arbeitsfläche 8 eine im wesentlichen gleichmäßige Amplitudenverteilung vorherrscht. Diese Amplitudenverteilung ist schematisch mit einer gestrichelten Linie 9 dargestellt.

Die in Fig. 1 dargestellte Schweißeinheit hat den wesentlichen Vorteil, daß, wie bereits erwähnt, am Ausgang 7 der Sonotrode 1 ein wesentlich gleichmäßiger Amplitudenverlauf vorherrscht und deshalb die Sonotrode 1 über ihre gesamte Länge nutzbar ist. Außerdem können die Ultraschallschwingeinheiten 2 und 3 jeweils eine geringere Arbeitsleistung aufweisen, als bei einer Vorrichtung mit einer einzigen Ultraschallschwingeinheit. Bei einer derartigen Vorrichtung wäre diese einzige Ultraschallschwingeinheit in der Mitte der Oberseite der Sonotrode 1 befestigt und der Amplitudenverlauf am Ausgang 7 würde so verlaufen, wie mit der strichpunktierten Linie 10 angedeutet ist. Es ist deutlich sichtbar, daß der Verlauf der Linie 9 über die Länge der Sonotrode 1 wesentlich gleichmäßiger ist als der Verlauf der Linie 10. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind über die gesamte Länge einheitliche Verschweißungen bzw. Vernietungen oder Einsenkungen

möglich, wohingegen beim Stand der Technik im äußeren Bereich keine oder nur ungenügende Verschweißungen erzielbar und im mittleren Bereich ein Überschweißen bzw. Brandflecken zu befürchten sind.

In der Fig. 2 ist eine Anordnung in Draufsicht dargestellt, wobei die Sonotrode 11 eine unregelmäßige Geometrie, im vorliegenden Fall eine Keilform aufweist. Der Antrieb dieser Sonotrode 11 besteht bei diesem Ausführungsbeispiel aus drei Ultraschallschwingeinheiten 12 bis 14, die jedoch nur schematisch dargestellt sind. Diese Ultraschallschwingeinheiten 12 bis 14 sind ebenfalls an einen gemeinsamen Generator G angeschlossen, können jedoch über eine jeweils eigene Steuereinheit S angesteuert sein. Auf diese Weise wird die Möglichkeit geschaffen, daß die Leistungsabgabe einer jeden Ultraschallschwingeinheit 12 bis 14 gezielt beeinflussbar ist und auf diese Weise am Ausgang der Sonotrode eine gleichmäßige Amplitudenverteilung bereitgestellt wird.

In der Fig. 3 ist eine weitere Sonotrode 15 dargestellt, deren Arbeitsfläche 16 mit einem Absatz 17 versehen ist, so daß die Arbeitsfläche 16 einen gebogenen Verlauf einnimmt. Mit einer derartigen Sonotrode 15 können gekrümmte Bauteile 18 und 19 miteinander verschweißt werden. Die in der Fig. 3 dargestellte Sonotrode 15 ist mit zwei andeutungsweise wiedergegebenen Ultraschallschwingeinheiten 2 und 3 bestückt, sie kann jedoch auch mit mehreren Ultraschallschwingeinheiten versehen sein.

Sonotroden 15 mit mehreren Antrieben bzw. Ultraschallschwingeinheiten 2 und 3 können den gleichen Höhenversatz an der Arbeitsfläche aufweisen wie Sonotroden mit einem Antrieb. Auf jeden Fall können sie länger und/oder breiter sein als herkömmliche Sonotroden. Unter Umständen kann sogar der Höhenversatz größer sein.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ultraschallbearbeiten eines Werkstücks, wobei die Vorrichtung eine Sonotrode (1, 11, 15) und einen Antrieb für die Sonotrode aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb von wenigstens zwei, von einem Ultraschall-Generator (G) angeregten Ultraschallschwingeinheiten (2 und 3; 12 bis 14) gebildet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallschwingeinheiten (2 und 3; 12 bis 14) piezoelektrische Konverter (4) aufweisen, deren Resonanzfrequenz im wesentlichen gleich ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (11) einen unregelmäßigen Querschnitt aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (15) einen Absatz an ihrer Schweißspitze bzw. -fläche (16) aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotrode (11, 15) eine unregelmäßige Geometrie aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallschwingeinheiten (2 und 3; 12 bis 14) parallel geschaltet sind.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultra-

schallsschwingeinheiten piezoelektrische Schwingmodule (4) aufweisen, die in einem gemeinsamen Konvertergehäuse angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallsschwingeinheiten (2 und 3; 12 bis 14) einzeln ansteuerbar sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

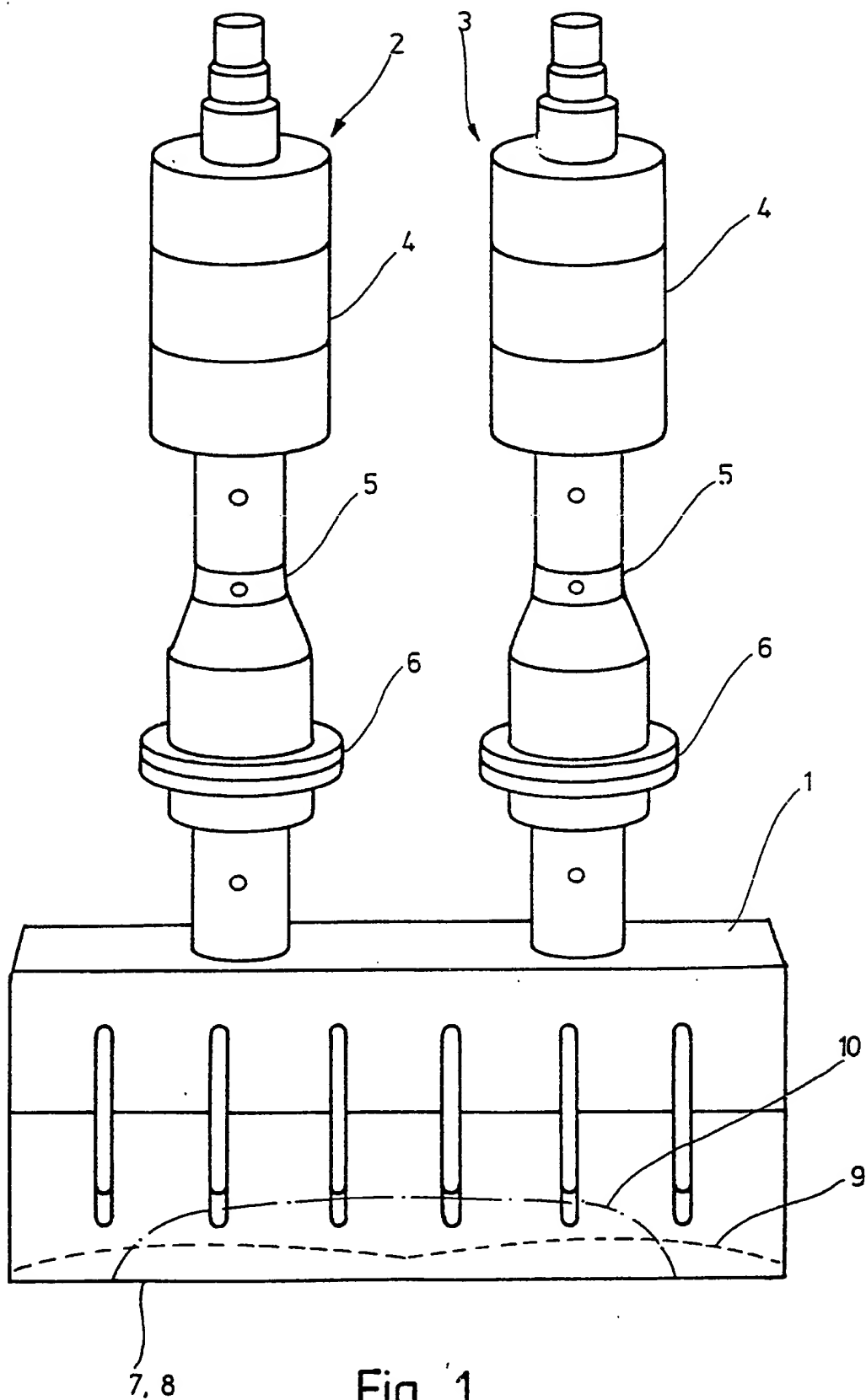


Fig. 1

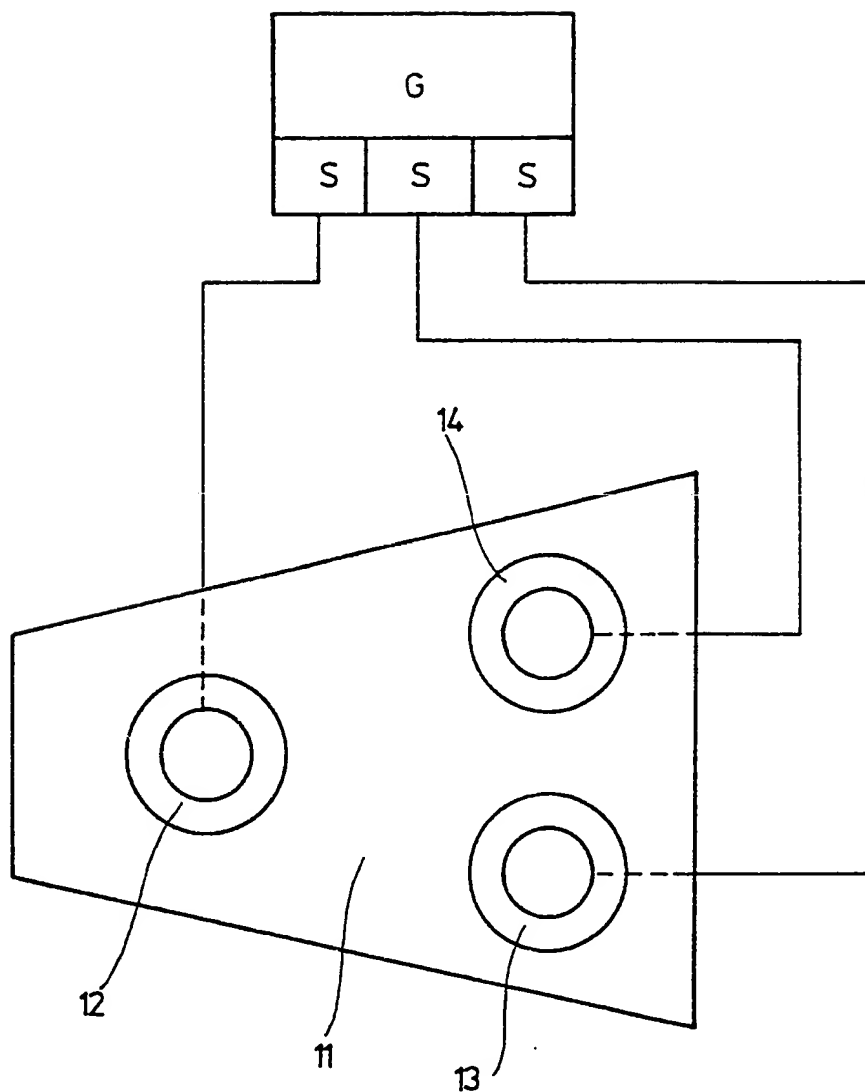


Fig. 2

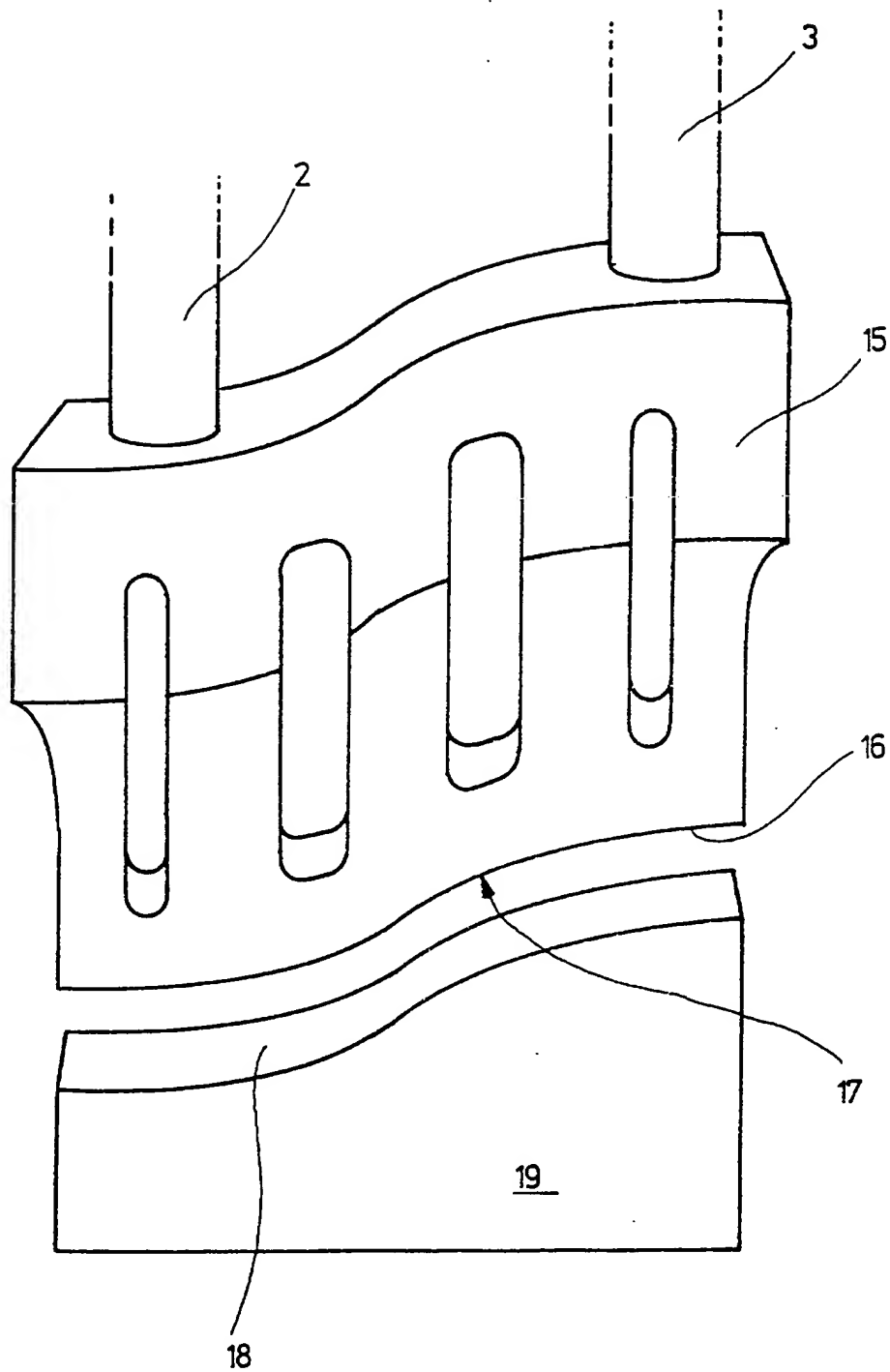


Fig. 3